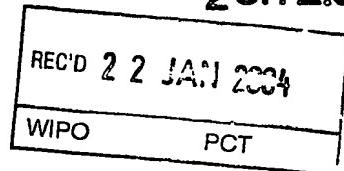


10/54 0136
Rec'd PCT/JP2003001366 2005
25.12.03

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月25日

出願番号
Application Number: 特願2002-374661

[ST. 10/C]: [JP2002-374661]

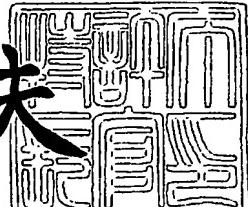
出願人
Applicant(s): 株式会社ニコン

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3081257

【書類名】 特許願
【整理番号】 02-00312
【提出日】 平成14年12月25日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03B 5/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内
【氏名】 富田 博之
【特許出願人】
【識別番号】 000004112
【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
【識別番号】 100092576
【弁理士】
【氏名又は名称】 鎌田 久男
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 019323
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9006525
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プレ補正カメラシステム、プレ補正カメラ、画像回復装置及び
プレ補正プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 振動を検出して振動検出信号を出力する振動検出部と、
前記振動検出信号に基づいて駆動され、像ブレを補正するプレ補正光学系と、
前記プレ補正光学系を含む撮影光学系により形成された像を撮像する撮像部と

前記撮像部により撮像された画像に対して画像処理による画像回復を行い像ブ
レを補正する画像回復演算部と、
を備えるプレ補正カメラシステム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、
点像分布関数を演算する点像分布関数演算部を備え、
前記画像回復演算部は、前記画像を前記点像分布関数で処理することにより画
像回復を行うこと、
を特徴とするプレ補正カメラシステム。

【請求項 3】 請求項 2 に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、
前記振動検出信号の基準値を演算する基準値演算部を備え、
前記点像分布関数演算部は、前記基準値演算部の演算結果を基にして点像分布
関数を演算すること、
を特徴とするプレ補正カメラシステム。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、
前記振動検出部と、前記プレ補正光学系と、前記撮像部と、前記点像分布関数
演算部と、前記基準値演算部と、画像を記録する画像記録部と、を備えたカメラ
と、
前記画像回復演算部を有し、前記カメラとは別体の装置であって、前記画像記
録部により記録された画像と前記点像分布関数とを入力することにより前記画像
回復を行う外部装置と、
を備えることを特徴とするプレ補正カメラシステム。

【請求項 5】 振動を検出して振動検出信号を出力する振動検出部と、前記振動検出信号に基づいて駆動され、像ブレを補正するプレ補正光学系と、前記プレ補正光学系を含む撮影光学系により形成された像を撮像する撮像部と

前記撮像部により撮像された画像を記録する画像記録部と、点像分布関数を演算する点像分布関数演算部と、を備えるプレ補正カメラ。

【請求項 6】 請求項 5 に記載のプレ補正カメラにおいて、前記点像分布関数演算部により演算された点像分布関数を前記画像記録部又は通信手段を用いて外部に出力する点像分布関数出力手段を備えること、を特徴とするプレ補正カメラ。

【請求項 7】 請求項 5 又は請求項 6 に記載のプレ補正カメラにおいて、前記振動検出信号の基準値を演算する基準値演算部を備え、前記点像分布関数演算部は、前記基準値演算部の演算結果を基にして点像分布関数を演算すること、を特徴とするプレ補正カメラ。

【請求項 8】 外部との通信及び／又は媒体を介して画像データ、及び、前記画像データの撮像時に得られた点像分布関数を受け取るデータ入力部と、前記画像データに対して前記点像分布関数で画像処理することにより画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算部と、を備える画像回復装置。

【請求項 9】 画像データ、及び、前記画像データの撮像時に得られた点像分布関数を受け取るデータ入力手順と、前記画像データに対して前記点像分布関数で画像処理することにより画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算手順と、を備えるプレ補正プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、手振れ等による振動を検出し、像のブレを補正するブレ補正カメラシステム、ブレ補正カメラ、画像回復装置及びブレ補正プログラムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

(従来の技術1：光学的なブレ補正装置)

図6は、振れ検出装置を含んだ光学的なブレ補正装置の基本的な構成を示すブロック図である。この図を用いて光学的なブレ補正装置のメカニズムを説明する。

まず、カメラに加えられた振れを角速度センサ10により検出する。角速度センサ10は、通常コリオリ力を検出する圧電振動式角速度センサを用いる。角速度センサ10の出力は、基準値演算部52へ送信される。

基準値演算部52は、角速度センサ10の出力より振れの基準値を演算する。

【0003】

その後、角速度センサ10からの振れ信号から基準値を減算し、積分部54へ送信する。

積分部54は、角速度の単位で表されている振れ信号を時間積分し、カメラの振れ角度に変換する。

目標駆動位置演算部56は、積分部54から送られてきた振れ角度情報にレンズの焦点距離などの情報を加味し、ブレ補正レンズ80を駆動するための目標駆動位置情報を演算する。

【0004】

この目標駆動位置情報に応じてブレ補正レンズ80を動かすために、駆動信号演算部58は、目標駆動位置情報とブレ補正レンズ80の位置情報との差を取り、コイル73へ駆動電流を流す。

【0005】

ブレ補正レンズ80を動かすためのアクチュエータは、ヨーク71、マグネット72、コイル73から構成されている。

コイル73は、ヨーク71とマグネット72により形成される磁気回路内に置

かれており、コイル73に電流を流すと、フレミングの左手の法則により、アクチュエータに力が発生する。また、コイル73は、図6に示すように、プレ補正レンズ80を收めている鏡筒82に取り付けられている。

プレ補正レンズ80、及び、鏡筒82は、光軸Iに垂直な方向に動くことができるような構造となっているため、コイルに電流を流すことによりプレ補正レンズ80を光軸Iに直交する方向に駆動させることが可能となる。

【0006】

プレ補正レンズ80の動きは、赤外線発光ダイオード（以下、IRED）74、スリット板75、スリット76、PSD（Position Sensitive Device）77により構成される光学的位置検出装置によりモニタしている。

IRED74が発光した光は、まずスリット76を通過することにより、光線の幅を絞られ、PSD77へ到達する。PSD77は、その受光面上の光の位置に応じた信号を出力する素子である。

【0007】

図6に示すとおり、スリット板75は、鏡筒82に取り付けられているため、プレ補正レンズ80の動きがスリット76の動きとなり、PSD77の受光面上の光の動きとなる。従って、PSD77の受光面上の光の位置がプレ補正レンズ80の位置と等価となる。PSD77により検出された信号は、位置信号78としてフィードバックされる。

このような光学的なプレ補正装置は、主にカメラなどの撮影装置や双眼鏡などの光学装置に内蔵され、これらの装置が手持ちで使用されているときの使用者の手振れによる像ブレを補正するのに有効である。

【0008】

(従来の技術2：画像回復)

光学的なプレ補正装置の他に像ブレを補正する方法として、画像回復という方法がある。これは、ブレの情報を利用してブレを含む画像を修復して元の画像を得る手法である。以下、その原理について説明する。

今、(x, y)を画面上の位置座標とし、ブレのない時の画像（以下、元画像

) を $o(x, y)$ 、ブレによって劣化した画像（以下、ブレ画像）を $z(x, y)$ 、ブレによって広がった点像の情報（以下、点像関数）を $p(x, y)$ とする
と、この3つは、次の関係を満たす。

【0009】

【数1】

$$z(x, y) = o(x, y) * p(x, y)$$

【0010】

ここで、*は、コンボリューション（畳み込み積分）演算を表すもので、具体的には、以下の式で表される。

【0011】

【数2】

$$z(x, y) = \iint o(x, y) p(x - x', y - y') dx' dy'$$

【0012】

図7は、数1, 2を模式的に表した図である。

これをフーリエ変換して空間周波数（u, v）領域にすると、数1, 2は、以下の式のようになる。

【0013】

【数3】

$$Z(u, v) = O(u, v) \cdot P(u, v)$$

【0014】

ここで、Z(u, v)、O(u, v)、P(u, v)は、それぞれz(x, y)、o(x, y)、p(x, y)のスペクトルである。また、数3において、P(u, v)は、特に空間周波数伝達関数と呼ばれている。

ここで、ブレ画像z(x, y)に加えて、何らかの方法により点像関数p(x, y)を知ることができれば、それぞれのスペクトルを算出し、数3を変形した以下の数4を利用することで、元画像のスペクトルO(u, v)を算出すること

ができる。

【0015】

【数4】

$$O(u, v) = \frac{Z(u, v)}{P(u, v)}$$

【0016】

数4において、 $1/P(u, v)$ は、特に逆フィルタと呼ばれている。数4により算出したスペクトルを逆フーリエ変換すれば、元画像 $o(x, y)$ を求めることができる。

【0017】

この原理を利用して、振れ検出センサの出力から点像関数 $p(x, y)$ を求め、プレ画像を回復させる技術がこれまでに公知となっている。例えば、特許文献1～特許文献3には、磁気テープに格納したプレ情報から画像回復を行う方法が記載されている。また、特許文献4には、プレ情報の他、シャッタの開閉に伴う開口の変化をも考慮した方法が記載されている。

【0018】

【特許文献1】

特開平05-323444号公報

【特許文献2】

特開平06-118468号公報

【特許文献3】

特開平06-27512号公報

【特許文献4】

特開平07-226905号公報

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述した従来の光学的なプレ補正装置及び画像回復には、以下に示す問題があった。

(光学的なプレ補正装置の問題)

角速度センサで検出した角速度を角度に変換するには、積分演算をする必要があるが、積分の際には、定数が必要になる。この定数は、角速度センサ静止時の出力を使用することが一般的であり、かつ正確に角度に変換するには、この静止時の出力を正確に知る必要がある。

【0020】

しかし、センサ静止時の出力値は、温度などの使用条件によって変わる（ドリフトする）ため、事前にその値を保持しておくことはできない。従って、実際にセンサが使用されるときに値を求めなければならないが、そのときには、使用者の手振れによって振動していることがほとんどである。よって、手振れの信号からセンサの静止時の出力値を求める必要が生じる。

【0021】

一般に人間の手振れは、2～7 Hz程度の周波数成分が支配的である。一方、角速度センサのドリフトの周波数成分は、手振れのそれよりも低く、概ね1 Hz未満の成分が支配的である。そのため、センサ出力の低周波成分を抽出してセンサの静止時の出力としている場合が多い（以下、低周波成分を抽出したものを基準値と呼ぶ）。低周波成分を抽出するには、通常は、移動平均やローパスフィルタを用いるが、その遮断周波数を最適な値に設定することは、以下に示すように困難であった。

【0022】

図8は、ドリフト成分を含まない場合の角速度センサ出力、基準値の出力、像面での振れ量を示す図である。

図9は、ドリフト成分を含む場合の角速度センサ出力、基準値の出力、像面での振れ量を示す図である。

以下、図8及び図9を用いて、遮断周波数を設定するときの問題点について説明する。

図8（a）は、手振れによって振動しているときの角速度センサ出力とローパスフィルタによって演算した基準値の出力をグラフにしたものである。ここでは、手振れを正弦波としてあり、角速度センサ10の静止時の出力を0としてある

。図には、2種類の基準値出力が描かれており、一方の基準値の遮断周波数は、他方のそれよりも低く設定されている。いずれの基準値も若干の振動が残っているが、遮断周波数の低いものの方が振幅は小さくなっている。

【0023】

図8（b）は、それぞれの基準値を利用してブレ補正を行ったときの像面での振れ量をグラフにしたものである。これをみると、遮断周波数の低い方を利用した方がブレ量は小さく、ブレ補正が良好に行われている。

以上の結果からすると、ブレ補正効果を高めるためには、ローパスフィルタの遮断周波数を下げた方がよいように見える。しかし、単に遮断周波数を下げればよいというものではない。

【0024】

前述のように、角速度センサ10の静止時の出力は、環境条件などにより変化する（ドリフトする）ことが多い。図9（a）は、その様子を示したものである。撮影者の手振れは、図8（a）と同等であると仮定しているが、角速度センサ10がドリフトしているため時間の経過とともに振動の中心がずれていってしまっている。図中には、図8（a）と同等のローパスフィルタで演算された基準値も示してある。一見すると基準値は、問題なく演算されているように見える。

【0025】

図9（b）は、図8（b）のように角速度センサ出力がドリフトしているときにブレ補正をかけたときの像面のブレ量を表す図である。手振れによる高周波の振動は、抑えられているものの、時間の経過とともにブレが大きくなっていることがわかる。これは、センサのドリフトの影響でセンサの静止時の出力と演算した基準値との間に所定のオフセットが加わってしまったためであり、遮断周波数の低い方が、ブレ量が大きい。従って、センサがドリフトすることを考えると、単に遮断周波数を下げればよいというものではない。

【0026】

このように、ドリフトの影響を避けなければ基準値を演算するローパスフィルタの遮断周波数を上げなければならないが、そうするとブレ補正をかけた後の像面の動きに高い周波数成分が残ってしまう。逆にブレ補正をかけた後の像面の動

き（特に高周波成分）を抑えようとして遮断周波数を下げてしまうと、ドリフトの影響を大きく受けてしまう。このように、フィルタを使用している以上、基準値は、手振れ波形の影響やドリフトの影響を受けてしまう。これが検出誤差となり、プレ補正を動作させても完全に像プレを除去することができず、プレが残ってしまうという問題があった。

【0027】

（画像回復の課題）

数4による説明においては、画像回復による手法は、一見うまくいくように見える。しかし、以下に述べるような問題があった。

図10、図11は、従来の画像回復を説明する図である。

ここでは、簡単のために、プレは、図10（b）に示すように一軸（X軸）方向に一様に発生したものとする。

この点像分布関数の断面をとると、図11（a）のようになる。これをフーリエ変換したものが図11（b）であり、これが図10（a）に示すプレの空間周波数伝達関数である。この伝達関数で注目すべきところは、値が0となっているところが何カ所かある点である。これを逆フィルタにすると図11（c）に示すように、無限大となってしまうところが存在する。これを数4に適用すると、ある特定の空間周波数に関しては、以下に示す数5のようになってしまい、元画像のスペクトル値は不定となる。

【0028】

【数5】

$$O(u, v) = \frac{Z(u, v)}{P(u, v)} = \frac{0}{0} = \text{不定}$$

【0029】

伝達関数が0であるということは、プレによって伝達されない（＝情報が失われる）周波数成分が存在するということであり、この式は、失われた周波数成分は、回復できないことを示している。これは、元画像を完全に回復させることができないことを意味している。

なお、実際には、逆フィルタが無限大とならないよう、以下の式で表されるウイナーフィルタを画像回復に使用する。

【0030】

【数6】

$$\frac{P^*(u,v)}{|P(u,v)|^2 + 1/c} \quad c : \text{定数}$$

【0031】

図11(d)は、ウイナーフィルタをグラフにしたものである。

ウイナーフィルタにすることにより、数5のようにO(u, v)が不定となるところはなくなる。しかし、失われた周波数成分を回復させることができないことに変わりはない。

また、フィルタには、値が大きい部分がいくつか含まれているので、画像にノイズが含まれているとそのノイズ成分を増大させてしまう。そうすると、回復画像は、図10(c)に示すように縞模様が目立ってしまい、画質が低下してしまうという問題もあった。

このように、光学的なプレ補正装置、画像回復技術とともにプレ補正効果の面において、それぞれ問題を抱えていた。

【0032】

本発明の課題は、プレ補正効果が高いプレ補正カメラシステム、プレ補正カメラ、画像回復装置及びプレ補正プログラムを提供することである。

【0033】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、理解を容易にするために、本発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、これに限定されるものではない。すなわち、請求項1の発明は、振動を検出して振動検出信号を出力する振動検出部(10)と、前記振動検出信号に基づいて駆動され、像ブレを補正するプレ補正光学系(80)と、前記プレ補正光学系を含む撮影光学系により形成された像を撮像する撮像部(150)と、前記撮像部により

撮像された画像に対して画像処理による画像回復を行い像プレを補正する画像回復演算部（170）と、を備えるプレ補正カメラシステムである。

【0034】

請求項2の発明は、請求項1に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、点像分布関数を演算する点像分布関数演算部（140）を備え、前記画像回復演算部（170）は、前記画像を前記点像分布関数で処理することにより画像回復を行うこと、を特徴とするプレ補正カメラシステムである。

【0035】

請求項3の発明は、請求項2に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、前記振動検出信号の基準値を演算する基準値演算部（52）を備え、前記点像分布関数演算部（140）は、前記基準値演算部の演算結果を基にして点像分布関数を演算すること、を特徴とするプレ補正カメラシステムである。

【0036】

請求項4の発明は、請求項3に記載のプレ補正カメラシステムにおいて、前記振動検出部（10）と、前記プレ補正光学系（80）と、前記撮像部（150）と、前記点像分布関数演算部（140）と、前記基準値演算部（52）と、画像を記録する画像記録部（160）と、を備えたカメラ（200）と、前記画像回復演算部（170b）を有し、前記カメラとは別体の装置であって、前記画像記録部により記録された画像と前記点像分布関数とを入力することにより前記画像回復を行う外部装置（230）と、を備えることを特徴とするプレ補正カメラシステムである。

【0037】

請求項5の発明は、振動を検出して振動検出信号を出力する振動検出部（10）と、前記振動検出信号に基づいて駆動され、像プレを補正するプレ補正光学系（80）と、前記プレ補正光学系を含む撮影光学系により形成された像を撮像する撮像部（150）と、前記撮像部により撮像された画像を記録する画像記録部（160）と、点像分布関数を演算する点像分布関数演算部（140）と、を備えるプレ補正カメラである。

【0038】

請求項 6 の発明は、請求項 5 に記載のプレ補正カメラにおいて、前記点像分布関数演算部（140）により演算された点像分布関数を前記画像記録部（160）又は通信手段（210，220）を用いて外部に出力する点像分布関数出力手段（160，210，220）を備えること、を特徴とするプレ補正カメラである。

【0039】

請求項 7 の発明は、請求項 5 又は請求項 6 に記載のプレ補正カメラにおいて、前記振動検出信号の基準値を演算する基準値演算部（52）を備え、前記点像分布関数演算部（140）は、前記基準値演算部の演算結果を基にして点像分布関数を演算すること、を特徴とするプレ補正カメラである。

【0040】

請求項 8 の発明は、外部との通信及び／又は媒体を介して画像データ、及び、前記画像データの撮像時に得られた点像分布関数を受け取るデータ入力部（240a）と、前記画像データに対して前記点像分布関数で画像処理することにより画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算部（170b）と、を備える画像回復装置である。

【0041】

請求項 9 の発明は、画像データ、及び、前記画像データの撮像時に得られた点像分布関数を受け取るデータ入力手順（240a）と、前記画像データに対して前記点像分布関数で画像処理することにより画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算手順（170b）と、を備えるプレ補正プログラム（240）である。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下、図面等を参照しながら、本発明の実施の形態について、更に詳しく説明する。

（第 1 実施形態）

図 1 は、本発明における光学的なプレ補正装置、画像回復部を内蔵したカメラの第 1 実施形態を示す模式図である。

角速度センサ10は、カメラに印加された振動を角速度値で検出するセンサであり、角速度センサ10にかかるコリオリ力をを利用して角速度を検出し、検出結果を電圧信号として出力する振動検出部である。角速度センサ10aは、図中X軸方向の角度ブレを検出するセンサであり、角速度センサ10bは、図中Y軸方向の角度ブレを検出するセンサである。このように、角速度センサ10a, 10bを互いに異なる軸方向に配置することにより、カメラの振動を2次元で検出することが可能となる。

角速度センサ10により出力された電圧信号は、増幅部20に送信される。なお、角速度センサ10は、後述の電源供給部110より電源が供給されている間のみ、角速度の検出が可能となる。

【0043】

増幅部20は、角速度センサ10の出力を増幅する増幅部である。一般的に角速度センサ10からの出力は、小さいため、そのままA/D変換器30によってデジタル化してマイコン90内で処理しようとしても、角速度値の分解能が低すぎ（1ビットあたりの角速度値が大きすぎ）て正確な振動検出をすることができず、ブレ補正の精度を上げることができない。そこで、A/D変換器30に入力する前に角速度信号を増幅しておく。そうすると、マイコン90内の角速度値の分解能を上げる（1ビットあたりの角速度値を小さくする）ことができ、ブレ補正の精度を上げることができる。

【0044】

増幅部20には、角速度センサ10a, 10bにそれぞれ対応して増幅部20a, 20bの2つが設けられている。また、ここでは、信号の増幅をするだけではなく、センサ出力に含まれる高周波ノイズを低減させることを目的とした、ローパスフィルタを付加してもよい。

増幅部20により増幅した角速度信号（以下、振れ検出信号）は、A/D変換器30へ送信される。

【0045】

A/D変換器30, 40は、アナログ信号をデジタル信号に変換する変換器である。本実施形態では、A/D変換器30a, 30bと、A/D変換器40a,

40bとが設けられている。

A/D変換器30a, 30bは、増幅部20から送られてきたアナログの振れ検出信号を、デジタル信号に変換する変換器である。振れ検出信号をデジタル信号に変換することで、マイコン90内の演算処理が可能となる。ここで変換された振れ検出信号は、駆動信号演算部50a, 50bに入力される。

A/D変換器40a, 40bは、駆動部70から送られてきたプレ補正レンズ80の位置情報（アナログ信号）をデジタル信号に変換する変換器である。変換されたプレ補正レンズ位置情報は、駆動信号演算部50a, 50bに送信される。

【0046】

なお、本実施形態では、A/D変換器30, 40は、マイコン90に内蔵されているものを使用することを前提にしているが、この例に限らず、マイコン90とは別体のA/D変換器を用いてもよい。

また、本実施形態では、増幅部20a, 20bに対応するよう A/D変換器30a, 30bの2つのA/D変換器を設けているが、A/D変換器を1つにして変換動作を時間的に振り分けるようにしてもよい。例えば、増幅部20aの信号を変換した後、増幅部20bの信号を変換し、その後増幅部20a, 増幅部20b, 増幅部20a・・・と変換を繰り返すようにしてもよい。これは、A/D変換器40a, 40bについても同様である。

【0047】

駆動信号演算部50は、A/D変換器30から送信されてきた振れ検出信号とA/D変換器40から送信されてきたプレ補正レンズ位置情報とから、プレ補正レンズ80を駆動するための駆動信号を演算し、駆動信号を出力する演算部である。まず、振れ検出信号から基準値を演算し、その基準値を振れ検出信号値から減算する。それを積分することにより、角速度信号を角変位信号へと変換し、これに図示しない結像光学系全体の焦点距離などの諸条件を加味してプレ補正レンズ80の目標駆動位置を演算する。

また、駆動信号演算部50は、演算した目標駆動位置情報と駆動部70からA/D変換器40を介して送られてくるプレ補正レンズ80の位置情報から駆動信

号を演算する。

【0048】

本実施形態では、駆動信号演算部50a, 50bの2つの駆動信号演算部が設けられている。しかし、これを1つにして駆動信号演算動作を時間的に振り分けるようにしてもよい。例えば、X軸方向の信号の駆動信号を演算した後、Y軸方向の信号の駆動信号を演算し、その後X, Y, X, Y……と交互に駆動信号を演算するようにしてもよい。

【0049】

D/A変換器60は、駆動信号算部50で演算された駆動信号（デジタル信号）をアナログ信号に変換するためのD/A変換器である。変換されたアナログ信号は、駆動部70に送信される。

なお、本実施形態では、D/A変換器60は、マイコン90に内蔵されているものを使用することを前提にしているが、これに限らず、マイコン90とは別体のD/A変換器を用いてもよい。

また、本実施形態では、D/A変換器60a, 60bの2つD/A変換器が設けられているが、D/A変換器を1つにして、変換動作を時間的に振り分けるようにしてもよい。例えば、X軸方向の信号を変換した後、Y軸方向の信号を変換し、その後X, Y, X, Y……と変換するようにしてもよい。

【0050】

駆動部70は、D/A変換器60から送信されてきた駆動信号（アナログ信号）を基に、プレ補正レンズ80を駆動する駆動部である。駆動部70は、プレ補正レンズ80を駆動するためのアクチュエータや、プレ補正レンズ80の位置を検出する位置検出センサ等を有している。位置検出センサの出力は、A/D変換器40を経由して駆動信号演算部50に送信される。

プレ補正レンズ80を2次元方向で駆動する必要があるため、この駆動部70は、駆動部70a, 70bの2つ設ける必要がある。

【0051】

プレ補正レンズ80は、撮影装置のレンズ鏡筒190に内蔵された図示しない結像光学系の一部であり、光軸Iと略直交する平面内を動くことができる単レン

ズ又は複数枚のレンズより構成されるプレ補正光学系である。プレ補正レンズ80は、駆動部70によって光軸Iと略直交する方向に駆動され、結像光学系の光軸Iを偏向させる。

【0052】

写真等の像のブレは、手振れ等のカメラに加えられる振動により、露光中に結像面の像が動いてしまうことにより発生する。しかし、図1に示すようなプレ補正カメラにおいては、角速度センサ10などの振動検出センサが内蔵されており、その振動検出センサにより、カメラに加えられた振動を検出することができる。そして、カメラに加えられた振動が検出されれば、その振動による結像面の像の動きを知ることができるので、結像面上の像の動きが止まるようにプレ補正レンズ80を動かすことによって、結像面上の像の動き、すなわち像ブレを補正することができる。

【0053】

マイコン90は、A/D変換器30、40、駆動信号演算部50、D/A変換器60等が組み込まれているマイコンである。ここで説明した動作のほかに、不図示のオートフォーカス駆動などの制御も、このマイコン90が行うようにしてもよい。

【0054】

半押しタイマ100は、半押しスイッチSW1がONとなったと同時にONとなり、半押しスイッチSW1がONの間は、ONのままであり、また、半押しスイッチSW1がOFFとなってからも、一定時間は、ONのままでとなっているタイマである。この半押しタイマ100は、ONと同時にカウントを開始し、ONの間は、カウントを継続する。

【0055】

電源供給部110は、カメラの各部、ここでは、角速度センサ10に電源を供給する部分であり、カメラの半押タイマ100がONの間、角速度センサ10を始め、カメラシステム内で電源が必要とされるところに電源を供給し続ける。また、半押しタイマ100がOFFのとき、電源供給部110は、角速度センサ10等への電源の供給を停止する。従って、カメラの半押しタイマ100がONの

間に限り、角速度センサ10によるカメラの振動検出が可能となる。

【0056】

露光時間制御部120は、不図示のコマンドダイヤルなどで設定された露光時間の設定値から、イメージセンサへの露光時間を制御する部分である。露光時間情報や露光の開始及び終了のタイミング情報は、点像関数演算部140に送信される。

【0057】

点像関数演算部140は、駆動信号演算部50、露光時間制御部120から得た情報を基に露光中の点像関数（点像分布関数）を演算する点像分布関数演算部である。ブレ補正レンズ80による補正が完全であれば点像関数は、一点となるが、実際のブレ補正動作は、完全でないため、点像関数は、一点にはならない。つまり、ブレ補正レンズ80によって補正しきれないブレ（ブレ補正残差）が残る。点像関数演算部140により算出する点像関数は、ブレ補正レンズ80で補正しきれずに像面に残ったブレ補正残差を画像処理にて補正するためのものである。

点像関数演算部140の詳細な説明は、後に行う。

【0058】

イメージセンサ150は、不図示の結像光学系によって結像された画像を光電変換して撮像する撮像部である。イメージセンサ150は、CCD (C h a r g e C o u p l e d D e v i c e s) タイプでもC-MOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) タイプでもよい。

【0059】

画像保存部160は、イメージセンサ150で得た画像を保存しておく画像記録部である。保存したデータは、必要に応じて画像回復演算部170に送信される。

また、画像保存部160は、メモリカード等の外部記憶媒体に画像等のデータを保存することもできる。

なお、本実施形態における画像保存部160は、マイコン90とは別に設けて

いるが、マイコン90内に組み込んでもよい。

【0060】

画像回復演算部170は、画像保存部160から送られてきた画像データと点像関数演算部140から送られてきた点像関数情報とから画像に含まれるブレを取り除く画像回復演算を行う部分である。本実施形態では、画像回復には、数6に示したウイナーフィルタを使用している。

なお、本実施形態における画像回復演算部170は、マイコン90とは別に設けているが、マイコン90内に組み込んでもよい。

【0061】

モニタ180は、撮影者が撮影した画像、及び、画像回復した後の画像等を確認する表示部である。

カメラボディ200は、撮影部を有し、レンズ鏡筒190を交換可能な一眼レフカメラのカメラ本体である。

【0062】

半押しスイッチSW1は、不図示のレリーズボタンの半押し動作に連動してONとなるスイッチである。この半押しスイッチSW1がONとなることにより、不図示の測光部による測光演算、オートフォーカス駆動部によるオートフォーカス駆動など一連の撮影準備動作を開始する。また、半押しタイマ100がOFFであった場合には、この半押しスイッチSW1のONに同期して半押しタイマ100がONとなる。

【0063】

全押しスイッチSW2は、前記レリーズボタンを更に押し込む全押し動作に連動してONとなるスイッチである。このスイッチがONとなることにより、図示しないシャッタ機構によるシャッタの開閉、イメージセンサによる画像の取り込みなど一連の撮影動作が行われる。

【0064】

図2は、図1の駆動信号演算部50、及び、画像回復を行うための各演算部の構成を示す図である。

なお、これ以降に説明する内容は、X方向Y方向ともに共通の内容であるため

、特に方向に関しては、明記せずに説明を行う。

基準値演算部52は、A/D変換器30より送信されてきたセンサ出力信号から、駆動信号演算のための基準値を演算する部分である。通常の振れでの基準値は、角速度センサ10が完全に静止している状態での出力（以下、ゼロ出力）値とすればよい。しかし、このゼロ出力値は、ドリフトや温度などの環境条件で変動してしまうため、基準値を固定値とすることができない。従って、実際に使用されている状態、つまり撮影者の手振れの信号から基準値を演算し、ゼロ出力を求めなければならない。

基準値演算の一例を以下に示す。

【0065】

【数7】

$$\omega_0(t) = \frac{1}{K_0} \sum_{i=t-K_0+1}^t \omega(i)$$

【0066】

ここで、 ω は、振れ検出信号であり、 ω_0 は、振れの基準値である。また、これらの変数についているサフィックス t は、経過時間（サンプリング：整数値）を表す変数である。この数7は、振れ検出信号の移動平均を表すものである。

角速度センサ10のゼロ出力信号の周波数は、人間の手振れのそれに比べるとずっと低い。よって、基準値は、振れ検出信号の低周波成分を抽出すればよい。そこで、振れ検出信号、すなわち手振れの移動平均を演算して手振れ検出信号の基準値を演算している。そして、なるべく低い周波数成分のみを抽出するため、移動平均に使用するデータの数を多くしている。

【0067】

振れの基準値は、角速度センサ10のゼロ出力値に近い値であることが望ましく、ゼロ出力値と基準値とに相違がある場合は、それがプレ補正レンズ80で補正しきれないプレとして画像に残ってしまう。

なお、基準値の演算は、数7のような移動平均に限らず、FIRフィルタやIIRフィルタなどのローパスフィルタを用いてもよい。

【0068】

積分演算部54は、振れ検出信号（角速度）を積分して振れ角度情報に変換し、さらにブレ補正レンズの目標駆動位置を演算する演算部である。積分演算部54が行う演算の一例を以下に示す。

【0069】

【数8】

$$\theta(t) = \theta(t-1) + C \cdot (\omega(t) - \omega_0(t))$$

【0070】

数8中の各記号は、 θ (t) : 目標駆動位置, ω (t) : 振れ検出信号, ω_0 (t) : 基準値, t : 時間 (整数値) であり、Cは、レンズの焦点距離等の条件によって決まる定数である。

【0071】

駆動信号算出部58は、積分演算部54で演算した目標駆動位置と駆動部70からA/D変換器40を経由して送信されてきたブレ補正レンズ80の位置から、ブレ補正レンズ80を駆動するための信号を算出する部分である。

駆動信号の演算は、目標駆動位置とブレ補正レンズ80の位置との偏差を求め、偏差に比例する項、偏差の積分に比例する項、偏差の微分に比例する項を加算して駆動信号を演算するPID制御が一般的である。なお、駆動信号の演算方法は、PID制御に限らず、他の方法でもよい。

【0072】

点像関数演算部140では、基準値演算部52で演算された基準値と露光時間制御部120から得た情報とから露光中の点像関数を演算する。図8, 9において説明したように、光学的なブレ補正装置でブレ補正を実行してもブレを補正しきれず、若干のブレが画像に残ってしまう（ブレ補正残差が発生する）場合がある。このようなブレ補正残差が発生する原因是、主に基準値によるところが大きい。そのため、この点像関数演算部140では、基準値を基にブレ補正残差の点像関数を算出する。ここで算出した点像関数は、後述の画像回復演算部170に送信される。画像回復演算部170は、この点像関数を基に画像回復演算を行い

、プレ補正レンズ80で補正しきれなかった分を補うようにプレを補正する。

【0073】

画像回復では、先に図11で説明したように、プレが大きくなるほど伝達されない周波数成分が増えるため、画像の回復が難しくなる。従来の例では、光学的なプレ補正装置を持たないカメラに角速度センサを内蔵し、センサ出力から点像関数を求めて画像回復を行うので、画像のプレが大きくなってしまい、前述の理由により画像回復をしても画質が改善されなかったりするという問題があった。

【0074】

しかし、本実施形態では、プレ補正レンズ80による光学的なプレ補正装置と組み合わせ、まず光学的なプレ補正装置により画像のプレをある程度軽減し、その後に画像回復を行うようにした。

図3は、本実施形態における画像回復を説明する図である。

図3(a), (b), (c), (d)にそれぞれ示した点像関数、空間周波数伝達関数、逆フィルタ、ウィナーフィルタと、図11に示した従来のものと比較すると、図3(b)の空間周波数伝達関数が0になっている点が図11(b)のそれよりも少なくなっていることがわかる。これは、伝達されない周波数成分が減少していることを表しており、画像回復を効果的に行うことができる事を示している。

ここで、画像回復を行うための点像関数の演算例を示す。

まず、基準値の総平均値を求める。

【0075】

【数9】

$$\bar{\omega}_o = \sum \omega_o(t) / N$$

【0076】

ここで、Nは、平均の演算に使用した基準値の数(=時間)であり、例えば基準値演算のサンプリング周波数が1kHzの時、1秒分の基準値の平均をとる場合は、N=1000となる。ここでは、全押しスイッチがONとなった時間から1秒～数秒程度前までのデータを使用する。

次に、この平均値を使用して、露光時間の間だけ基準値の積分を行う。

【0077】

【数10】

$$\theta'(t) = \theta'(t-1) + C \cdot (\omega_0(t) - \bar{\omega}_0)$$

【0078】

これらの演算をそれぞれX方向、Y方向について行い、それらをX-Y平面に展開することにより、点像分布関数が得られる。

なお、以上の点像関数の演算手法は、点像関数演算の一例であり、演算には、他の方法を利用してもよい。

【0079】

先にも述べたように、従来から提案されている技術では、光学的なプレ補正装置は、搭載せずに、角速度センサの出力をを利用して画像回復を行うようになっていた。しかし、光学的なプレ補正装置を搭載していないため、撮影した画像のプレが大きくて回復が難しかったり、回復しても画質が悪かったりするという問題があった。これは、プレが大きいことによって失われる周波数成分が多くなることによるものであった。

【0080】

しかし、本実施形態では、光学的なプレ補正装置と画像回復とを組み合わせたことにより、光学的なプレ補正装置によってある程度プレを軽減した状態で画像回復を行うことができるようになる。そうすると、プレによって伝達されない周波数成分が少なくなるため、画像回復には有利になる。

また、光学的なプレ補正装置で補正しきれないプレは、低周波のものが多く、秒時が長くともさほど大きくぶれないと、かなりの低速秒時で撮影した画像に対しても画像回復を上手く適用させることができる。

【0081】

図4は、本実施形態における画像回復を説明する図である。

先に示した従来の技術では、図10(a)及び図10(b)に示した情報から画像回復しようとしたため、図10(c)のように縞模様が発生してしまい、画

像そのものは、ある程度回復しても画質が悪化してしまうという問題があった。

しかし、本実施形態によれば、光学的なプレ補正装置と組み合わせることにより、画像回復に使用する画像と点像関数は、図10に示した場合と同じだけカメラが振れた場合であっても、それぞれ図4（a）及び図4（b）に示すようになり、図10（a）及び図10（b）に比べてプレ量が少なくなっている。

これらの画像を使って画像回復演算を行うと、図4（c）のようになり、画像の回復ができるとともに画質の悪化を防ぐことができる。以上のように、光学的なプレ補正装置と画像回復とを組み合わせて利用することにより、プレ補正効果をさらに高めることができる。

【0082】

（第2実施形態）

第1実施形態では、画像回復演算部は、カメラに内蔵されていた。しかし、現在のデジタル写真の用途から考えると、後からパソコン等により処理する方が好ましい場合もある。第2実施形態は、第1実施形態における画像回復演算部170に相当する機能を、パソコン等に搭載されるアプリケーションソフトに組み込むようにした形態である。

【0083】

図5は、第2実施形態における光学的なプレ補正装置を内蔵したカメラ、及び、画像回復システムの概要を示す図である。

第2実施形態の説明においては、図1と共通する部分の説明は、適宜省略する。

本実施形態では、カメラ内で画像回復演算を行うのではなく、画像と点像関数をパソコン等に転送し、パソコン等により画像回復を行うようにしている。従つて、画像回復演算部170bは、カメラに内蔵されず、また画像保存部160と点像関数演算部140は、接続コネクタ210と接続されている。

【0084】

接続コネクタ210は、画像保存部160に保存された画像と、点像関数演算部140で演算された点像関数とをカメラ外部に送信するためのコネクタである。接続コネクタ210には、接続ケーブル220が接続可能な構成になっており

、接続ケーブル220を介してパソコンなどにデータを転送することができる。

【0085】

接続ケーブル220は、カメラボディ200の接続コネクタ210とパソコン230の通信ポートとを接続するケーブルであり、このケーブルを介してカメラとパソコンとの間でデータの送受信を行う。

なお、接続コネクタ210及び接続ケーブル220からなる通信手段は、例えば、RS-232C、USB、パラレルポート、IEEE1394等どのような規格を用いてもよいが、パソコン230側の対応する規格に併せて、複数種類を用意してもよい。

【0086】

パソコン230は、ディスプレイ、通信ポート等を備えた通常のコンピュータであり、別途供給される画像処理ソフトを組み込む（インストール）することにより、本実施形態における外部装置として利用可能となる。パソコン230は、接続ケーブル220によりカメラボディ200と接続されており、接続ケーブル220を介してカメラボディ200と通信を行うことにより、撮影した画像の表示や処理を行う。

【0087】

画像処理ソフト240は、接続ケーブル220を介してカメラボディ200から画像データなどをパソコンに転送して入力するデータ入力部（データ入力手順）240aを含む他、パソコン側からカメラの設定などを行うことができるプログラムである。画像処理ソフト240は、CD-ROM等の媒体に格納されており、パソコンなどにインストールして使用する。

また、画像処理ソフト240には、点像関数を読み込み、画像データと点像関数から画像回復演算を行う画像回復演算部170b（画像回復演算手順）も含まれている。したがって、画像処理ソフト240をパソコン230上で実行することにより、パソコン230上で画像回復処理を行うことができるようになる。

パソコン230上で画像回復処理を行うようにすれば、その効果を確認しながら処理を行うことができ、処理後の結果が気に入らない場合には、処理をキャンセルすることもできる。また、画像回復処理の効き具合を調整してプレ量を調整

することもできる。

【0088】

本実施形態によれば、画像回復演算部170bを外部装置であるパソコンなどに搭載することにより、カメラ内のマイコンよりも演算能力が勝るパソコンで演算させることができ、処理を高速に行うことができると共に、カメラの消費電力を抑えることができる。また、パソコンのディスプレイを使用することで、より効率よく、かつ詳細に画像回復の結果を確認することができる。

【0089】

(変形形態)

以上説明した実施形態に限定されることなく、種々の変形や変更が可能であつて、それらも本発明の均等の範囲内である。

例えば、各実施形態において、画像回復には、数6に示したウイナーフィルタを使用する例を示したが、これに限らず他の手法を用いてもよい。

【0090】

また、各実施形態において、カメラは、一眼レフカメラである例を示したが、これに限らず、例えば、コンパクトカメラのような、レンズ非交換式でもよい。

【0091】

さらに、第2実施形態において、接続ケーブル220を介して点像関数等をパソコン230へ伝える例を示したが、これに限らず、例えば、記憶媒体を介して伝えるようにしてもよいし、無線通信により伝えるようにしてもよい。

【0092】

さらにまた、第2実施形態において、一般的なパソコンを利用して画像回復を行うようにした例を示したが、これに限らず、例えば、専用の画像処理装置等、他の外部装置であってもよい。

【0093】

【発明の効果】

以上詳しく述べたように、本発明によれば、以下の効果を奏することができる。

(1) 像ブレを補正するブレ補正光学系と、撮像部により撮像された画像に対し

て画像処理による画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算部とを備えるので、ブレ補正光学系を用いた光学的なブレ補正の問題点と、画像回復によるブレ補正の問題点を補完し、ブレ補正効果を高くすることができる。

【0094】

(2) 点像分布関数を演算する点像分布関数演算部を備え、画像回復演算部は、画像を点像分布関数で処理することにより画像回復を行うので、撮影時に点像分布関数を演算し保存しておけば、撮影後の任意の時点で画像回復を行うことができる。

【0095】

(3) 点像分布関数演算部は、基準値演算部の演算結果を基にして点像分布関数を演算するので、ブレ補正光学系によるブレ補正で補正しきれなかったブレを点像分布関数とすることことができ、ブレ補正光学系によるブレ補正で補正しきれなかったブレを画像回復により補正することができる。

【0096】

(4) 点像分布関数演算部を備えたカメラと、画像回復演算部を有した外部装置とを備えるので、演算量の大きな画像回復をカメラにより行う必要が無く、カメラを安価にすることことができ、また、カメラの消費電力を少なくすることができる。

【0097】

(5) 像ブレを補正するブレ補正光学系と、撮像装置により撮像された画像を記録する画像記録部と、点像分布関数を演算する点像分布関数演算部とを備えるので、撮影した画像を、後に外部装置などにより画像回復を行うことにより、より、ブレの少ない画像を得ることができる。

【0098】

(6) 点像分布関数演算部により演算された点像分布関数を画像記録部又は通信手段を用いて外部に出力する点像分布関数出力手段を備えるので、煩雑な作業を行うことなく、外部装置による画像回復を容易に行うことができる。

【0099】

(7) 点像分布関数演算部は、基準値演算部の演算結果を基にして点像分布関数

を演算するので、プレ補正光学系によるプレ補正で補正しきれなかつたプレを点像分布関数とすることことができ、プレ補正光学系によるプレ補正で補正しきれなかつたプレを画像回復により補正することができる。

【0100】

(8) 画像データ、及び、点像分布関数を受け取るデータ入力部と、画像回復を行い像プレを補正する画像回復演算部とを備えるので、プレを含む画像データに対して、点像分布関数を用いて画像回復を行い、像プレを撮影後に補正することができる。

【0101】

(9) 画像データ、及び、点像分布関数を受け取るデータ入力手順と、画像回復を行い像プレを補正する画像回復演算手順とを備えるプレ補正プログラムであるので、汎用のコンピュータを用いて画像回復を行うことができる。したがって、専用の外部装置を用いることなく、画像回復を行うことができ、全体として低コストのシステムとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明における光学的なプレ補正装置、画像回復部を内蔵したカメラの第1実施形態を示す模式図である。

【図2】

図1の駆動信号演算部50、及び、画像回復を行うための各演算部の構成を示す図である。

【図3】

本実施形態における画像回復を説明する図である。

【図4】

本実施形態における画像回復を説明する図である。

【図5】

第2実施形態における光学的なプレ補正装置を内蔵したカメラ、及び、画像回復システムの概要を示す図である。

【図6】

振れ検出装置を含んだ光学的なブレ補正装置の基本的な構成を示すブロック図である。

【図7】

数1，2を模式的に表した図である。

【図8】

ドリフト成分を含まない場合の角速度センサ出力，基準値の出力，像面での振れ量を示す図である。

【図9】

ドリフト成分を含む場合の角速度センサ出力，基準値の出力，像面での振れ量を示す図である。

【図10】

従来の画像回復を説明する図である。

【図11】

従来の画像回復を説明する図である。

【符号の説明】

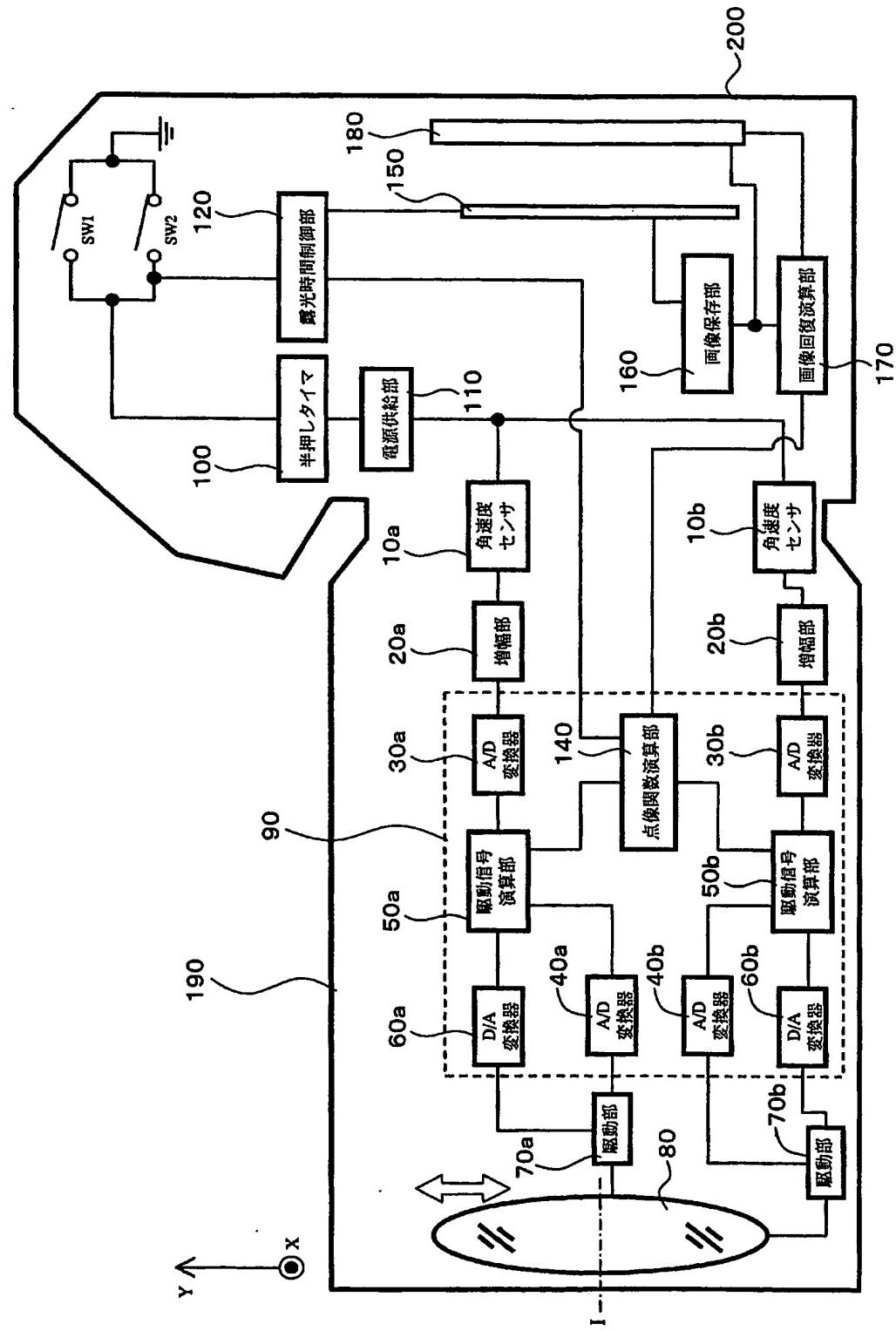
- 10 角速度センサ
- 20 増幅部
- 30, 40 A/D変換器
- 50 駆動信号演算部
- 52 基準値演算部
- 54 積分演算部
- 58 駆動信号算出部
- 60 D/A変換器
- 70 駆動部
- 80 ブレ補正レンズ
- 90 マイコン
- 100 半押しタイマ
- 110 電源供給部
- 120 露光時間制御部

140 点像関数演算部
150 イメージセンサ
160 画像保存部
170 画像回復演算部
180 モニタ
190 レンズ鏡筒
200 カメラボディ
210 接続コネクタ
220 接続ケーブル
230 パソコン
240 画像処理ソフト
SW1 半押しスイッチ
SW2 全押しスイッチ

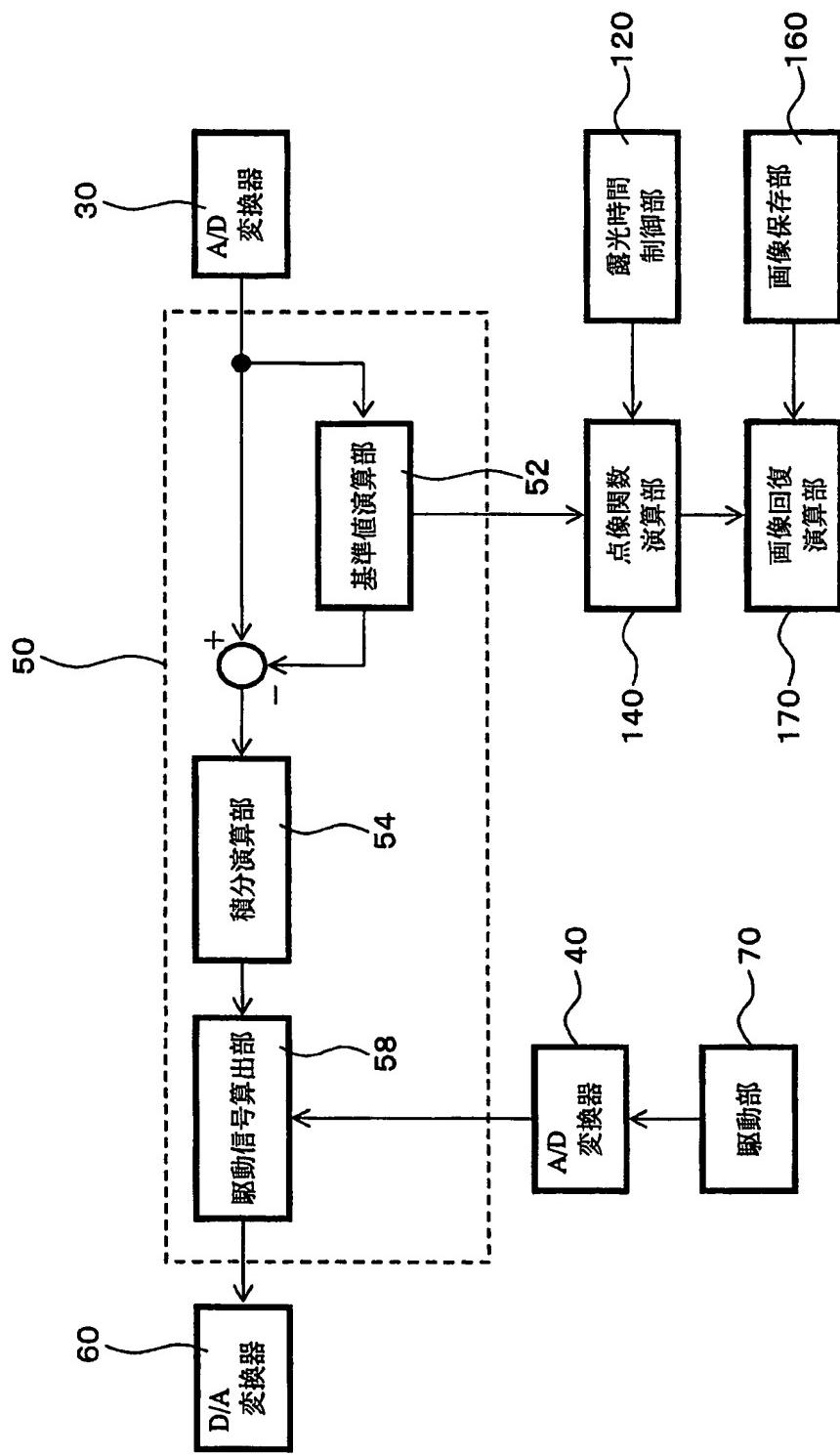
【書類名】

図面

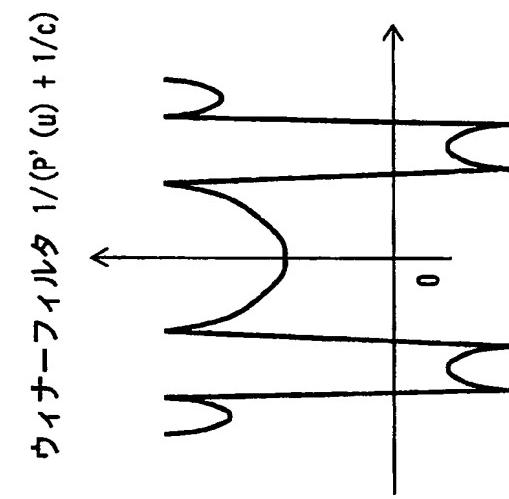
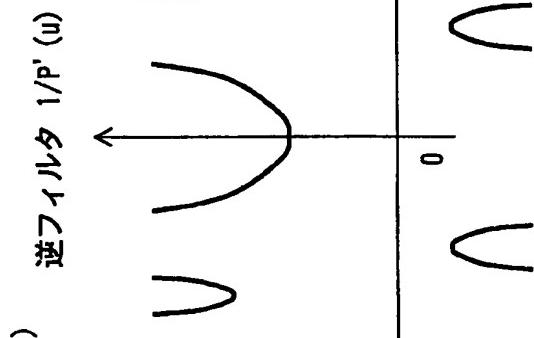
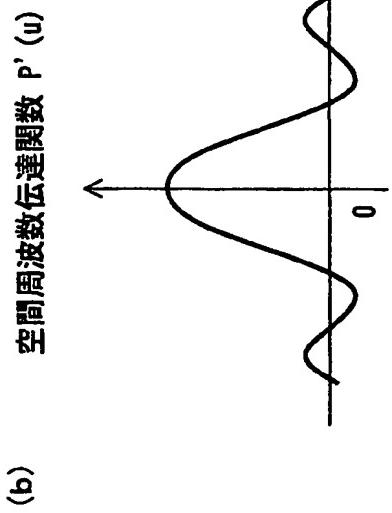
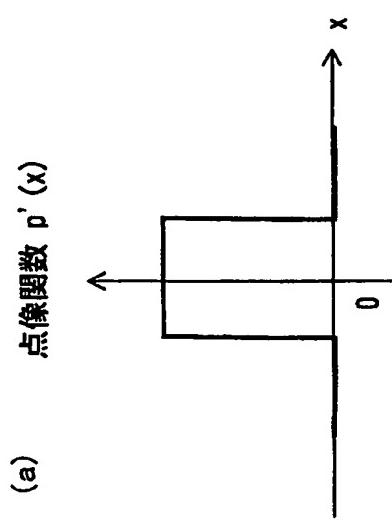
【図 1】



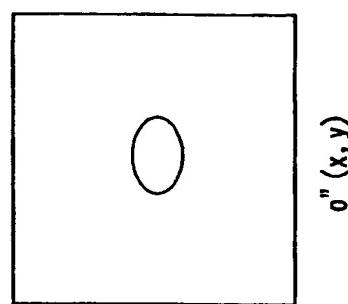
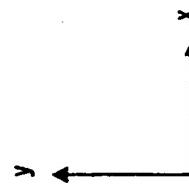
【図2】



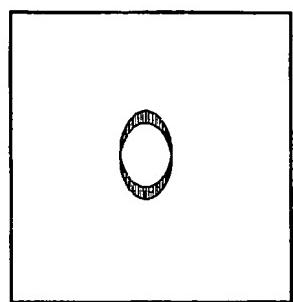
【図3】



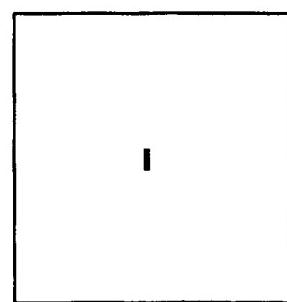
【図4】



(c)

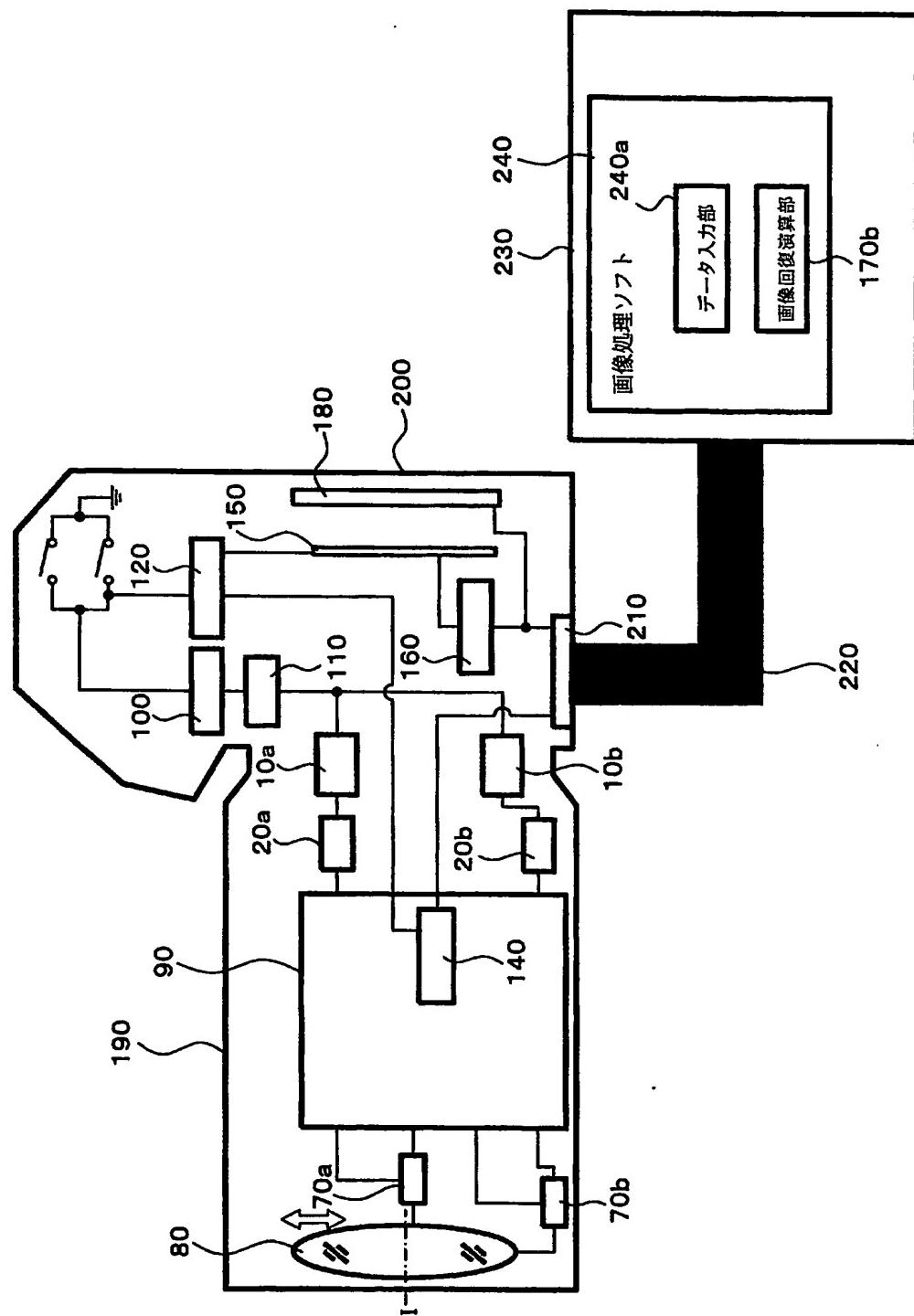


(a)

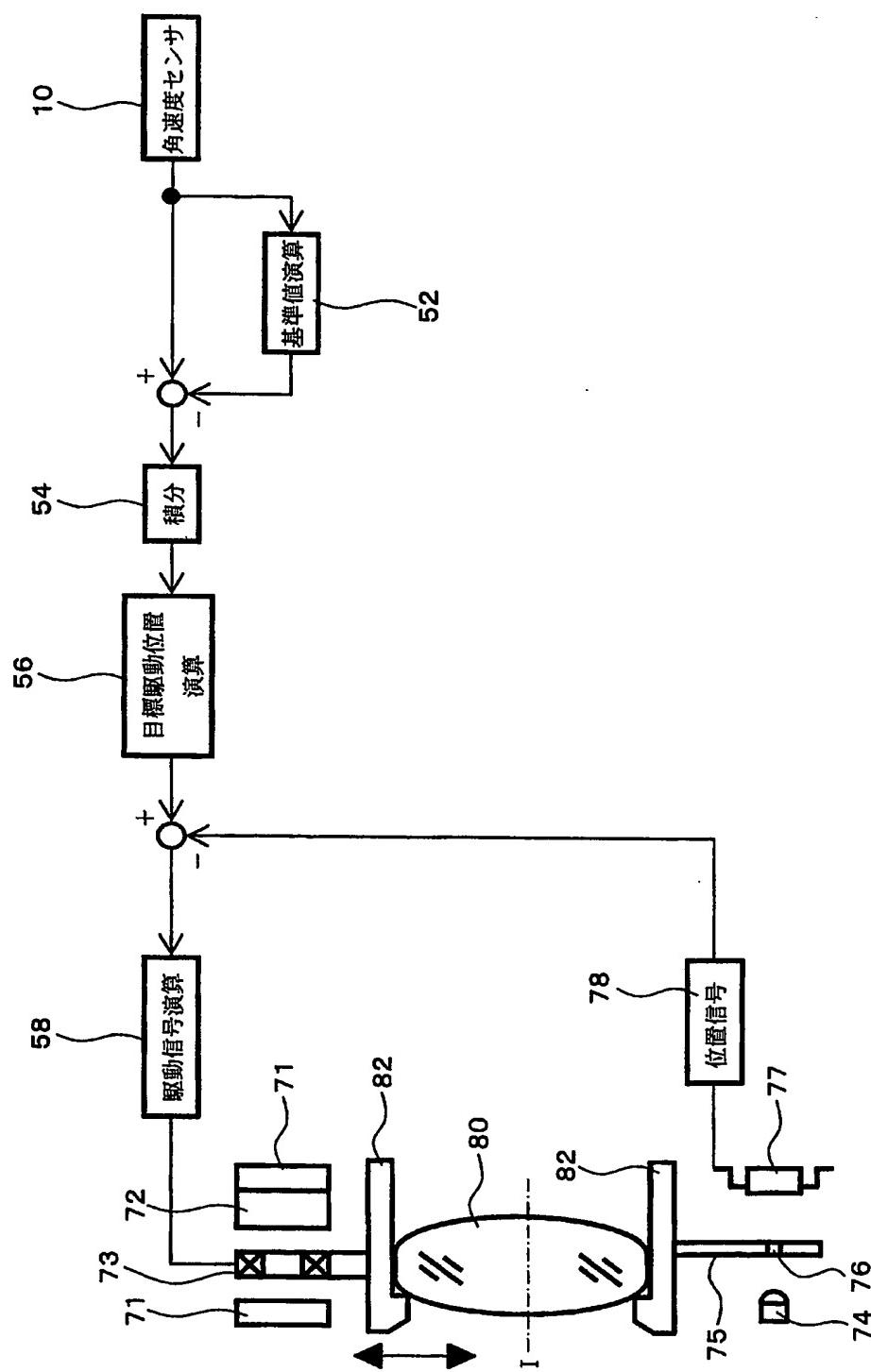


(b)

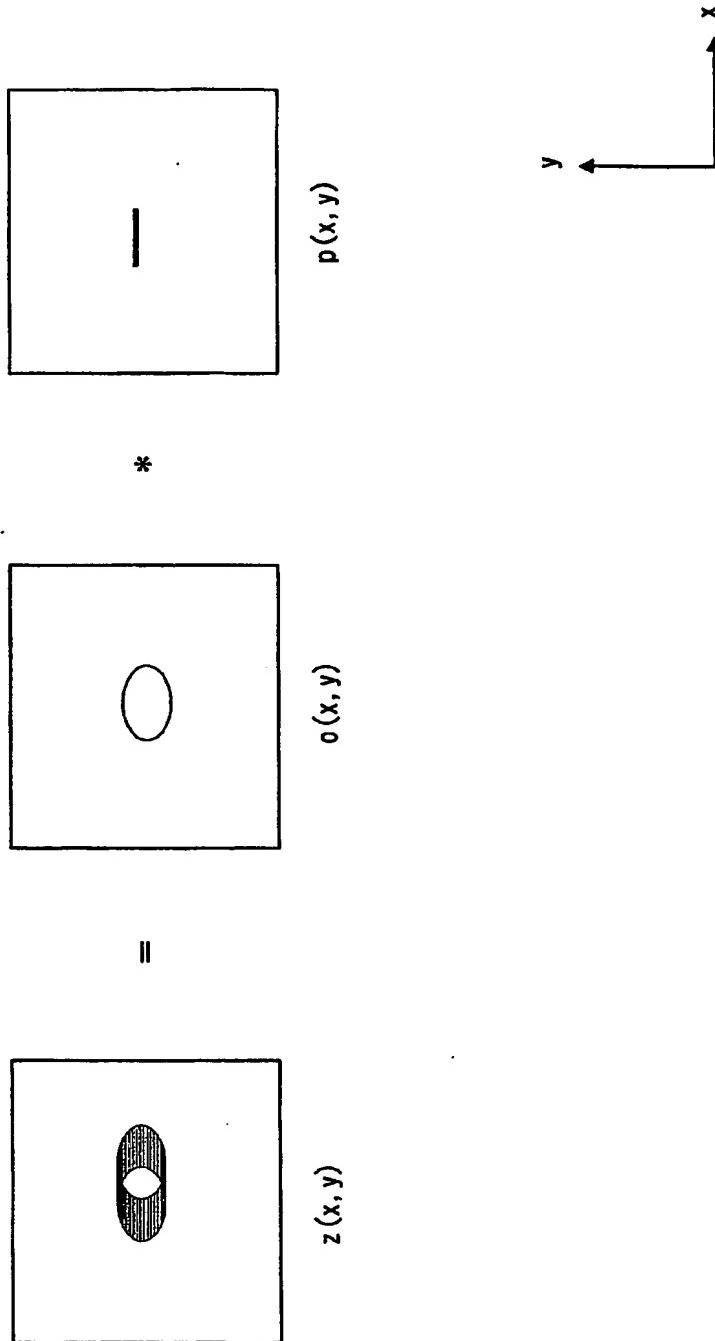
【図5】



【図 6】

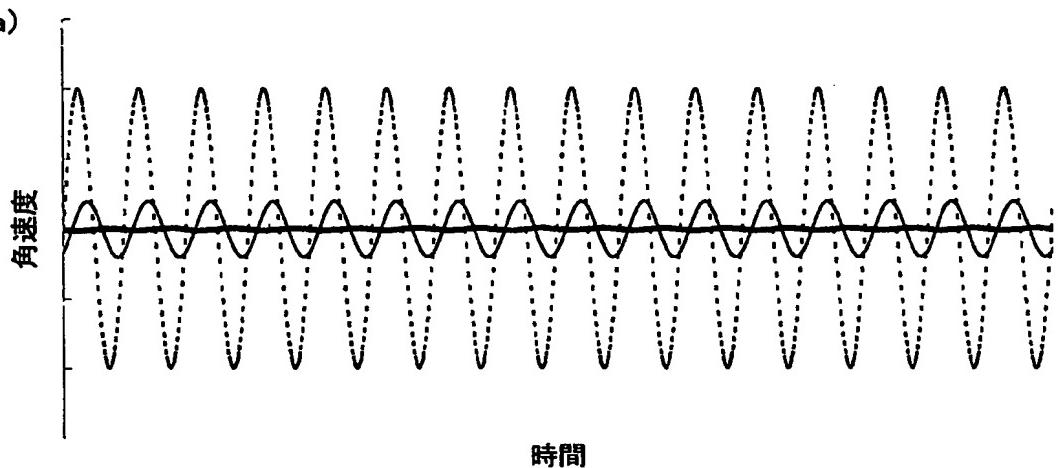


【図 7】

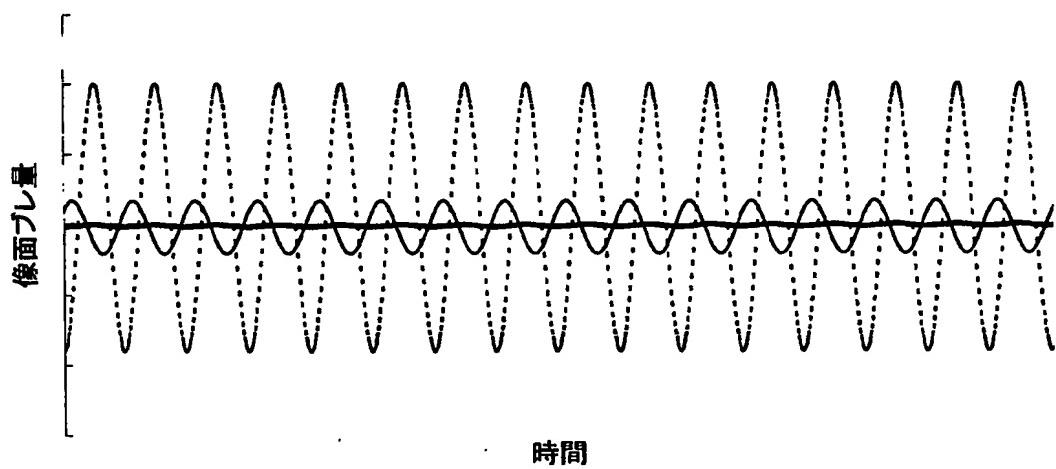


【図8】

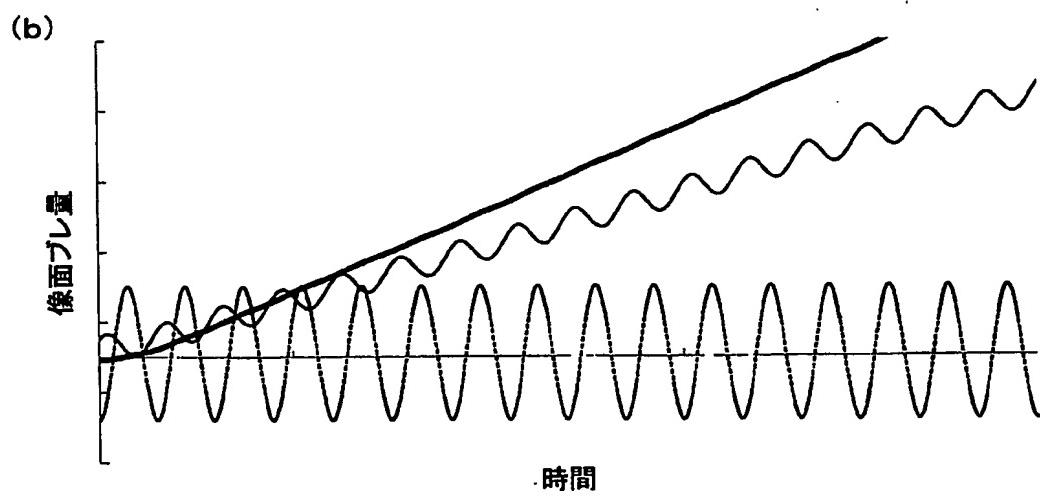
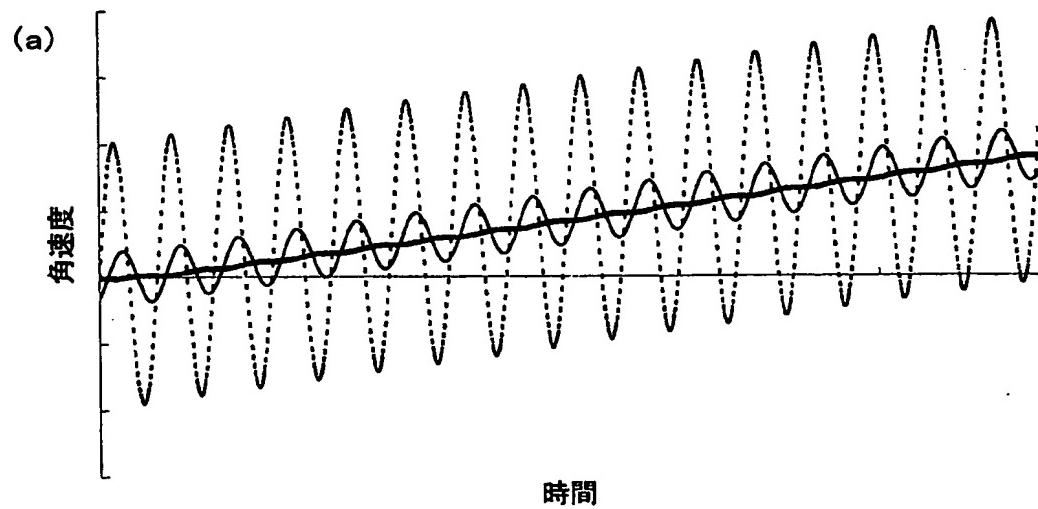
(a)



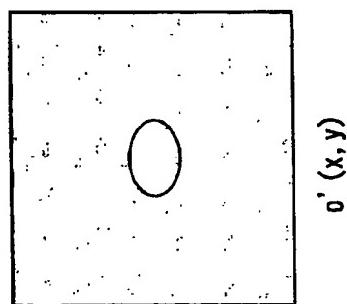
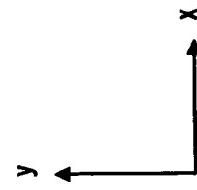
(b)



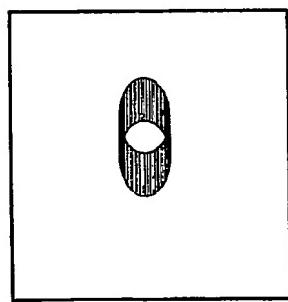
【図9】



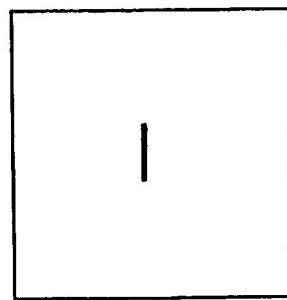
【図10】



(c)

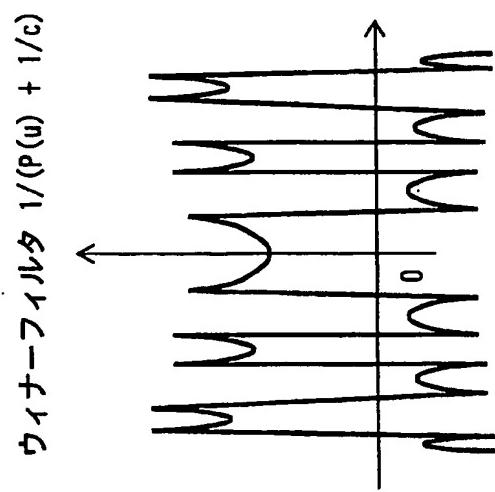
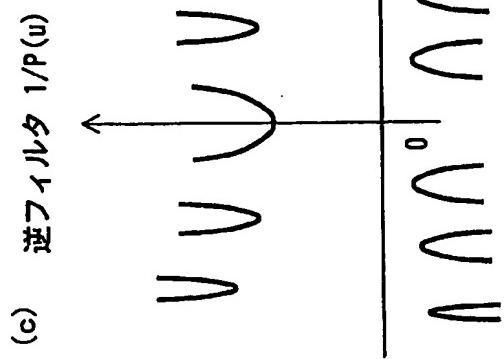
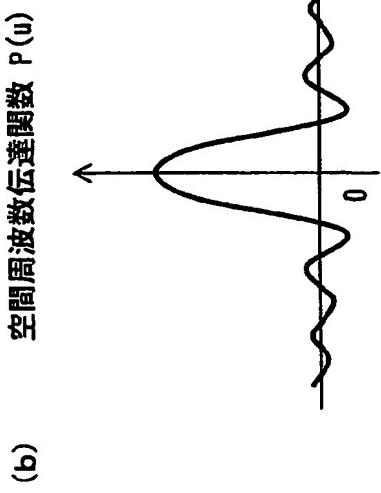
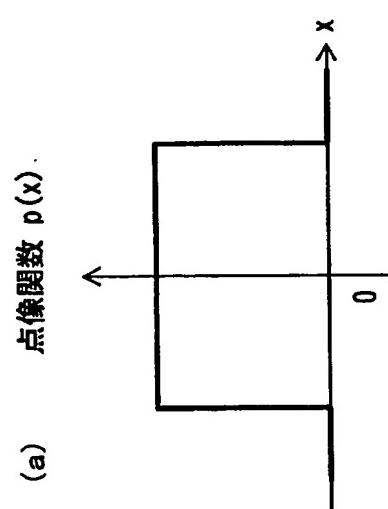


(a)



(b)

【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プレ補正効果が高いプレ補正カメラシステム、プレ補正カメラ、画像回復装置及びプレ補正プログラムを提供する。

【解決手段】 角速度センサ10から得られた振動検出信号に基づいて駆動され、像ブレを補正するプレ補正レンズ80と、点像分布関数を演算する点像関数演算部140と、点像分布関数を用いて、撮像された画像に対して画像処理による画像回復を行い像ブレを補正する画像回復演算部170とを設け、プレ補正レンズ80によるプレ補正動作では補正しきれていない像ブレを、画像回復によりさらに補正して、より高画質の画像を得る。また、画像回復演算部170をカメラボディ200内に設けず、外部のパソコンにインストールした画像回復プログラムを有するソフトウェアにより画像回復する。

【選択図】 図1

特願 2002-374661

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン